

生分解性プラスチックの合成方法の研究

—ポリ乳酸(P L A)の合成実験の教材化—

八木 康行

愛媛県立三島高等学校

〔要約〕近年のグリーンケミストリーといった言葉に代表されるように、環境問題意識の向上もあり、新課程では生分解性プラスチックが取り上げられている。今回、生徒の環境問題への意識向上を図る意味で、代表的な生分解性プラスチックであるポリ乳酸（P L A）の合成実験の教材化を研究・検討し、アルミカップを用いた簡単なポリ乳酸の合成方法を提唱した。また、曳糸性・分解性の実験を行った。

〔キーワード〕ポリ乳酸 P L A 生分解性プラスチック 環境問題 グリーンケミストリー

1 はじめに

現在、合成高分子化合物は種々の材料が開発され、「軽く、強く、腐らず、さびない」といった利点から日常生活に欠かせない物となっている。しかし、その難分解性から自然界に残ったプラスチックが土壌中で分解されないまま蓄積されたり、河川や海洋に流出したりするなどの環境問題が懸念されている現状である。新課程「化学Ⅱ」においても旧課程「化学Ⅱ」と同様に現在の日常生活を支えている材料として合成樹脂（プラスチック）が取り上げられているが、近年のグリーンケミストリー¹⁾といった言葉に代表されるように、環境問題意識の向上もあり、新課程ではデンプン・セルロースなどの天然高分子由来のものや微生物が作る高分子、化学合成による脂肪族ポリエステルなどの生分解性プラスチックが取り上げられている。²⁾

今回、生徒の環境問題への意識向上を図る意味で、代表的な生分解性プラスチックであるポリ乳酸（P L A）の合成実験の教材化を研究し、その性質について検討した。

2 ポリ乳酸の合成方法についての検討

ポリ乳酸は現在、生分解性プラスチックの素材として関心が高く、すでに農業用のマルチシートやハウス用のフィルムなどに実用化されている。そのため、その合成方法につい

ても多くの研究が成されている。工業的には乳酸を減圧下で加熱してラクチド（ヒドロキシ酸の脱水縮合によって得られた環状ジエステル）の開環重合によって生成されるが³⁾、基本的にはでんぷんなどの再生可能な資源を乳酸発酵させてできるL-乳酸を縮合重合させる方法が用いられており（図1）、ここではそのいくつかを紹介する。⁴⁾

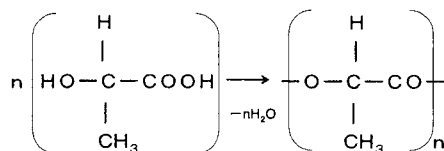


図1 L-乳酸を縮合重合させることによるポリ乳酸（P L A）合成の反応式

（1）アルミカップを利用した短時間の合成
アルミカップに約5 mlの乳酸を入れ、中火で加熱しながら10分間で200℃まで温度を上げ、その後5分間加熱を続けるという方法が紹介されている。しかし、欠点として温度調節が難しく、きちんと固化しない場合や、途中で乳酸が蒸発してしまう場合がある。改善方法として、ガスバーナーの代わりにオーブントースターによる加熱を試みたが、オー

ブントースターの過剰過熱防止機能などによりうまく温度調整ができないことなどから簡単にはポリ乳酸の合成に至らなかった。

(2) サンプル管を利用した長時間の合成

乳酸約 5 ml をサンプル管に入れ、アルミ箔で口を覆い、3～4カ所に小穴を開け、乾燥機の温度を 180℃に設定し、長時間放置する。特に細かな操作が必要でないため非常に簡単に作成できる(図2)。2時間での加熱では大きな変化は見られなかったが、4～6時間の加熱により粘度が増した。12時間後では軟らかい樹脂状となり、18～24時間の加熱により硬い樹脂状となった。しかし、欠点として、サンプル管内部にできたポリ乳酸を取り出すことが困難なため、その他の実験に利用したいときに不便である点あげられる。

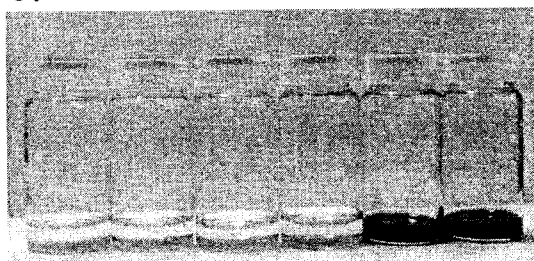


図2 サンプル管を利用した長時間の合成
(左から加熱時間 2, 4, 6, 12, 18, 24h)

これらの合成方法の利点や欠点を踏まえ、以下のような実験方法を考案し、試みてみた。

(3) アルミカップを利用した長時間の合成

200ml ビーカーの中にアルミカップを入れ、その中に約 5 ml の乳酸を入れた。ビーカーの口をアルミ箔で覆い、3～4カ所に小穴を開け、乾燥機の温度を 180℃に設定し、長時間(12, 24h)放置した。以下の図3に示すのは 12 時間加熱したものである。この方法により、作成したポリ乳酸は、アルミカップをはぎ取り、簡単に取出すことができた。また、手で力を加えると簡単に砕けた。色は褐色透明であり、臭いはカラメル臭がした。24 時間加熱をしたものについては、一部炭化していた。

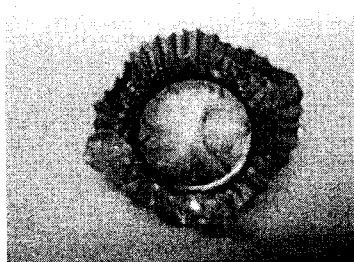


図3 12 時間加熱したことにより作成したポリ乳酸

取り出したポリ乳酸を手で温め、延ばしていくと軟らかい板状の樹脂となった。(図4)

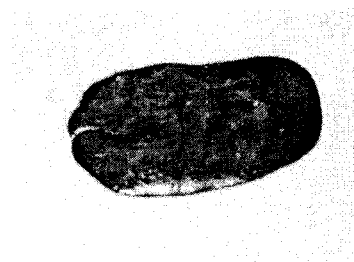


図4 作成した板状のポリ乳酸

この実験方法であれば、簡単にポリ乳酸を作成することができ、なおかつ取り出すことが容易であるため、ポリ乳酸を使った他の実験にも利用できると考える。

3 作成したポリ乳酸を利用した実験についての検討

(1) 曳糸性

高分子が繊維状に伸びる性質(曳糸性)を調べる実験として以下のような簡単な実験を行った。

【実験1】

作成したポリ乳酸を手で温めて塊状にし、沸騰したお湯を入れたサンプル管の側面に当て、ゆっくりと引っ張った。

【結果1】

図5に示すように、繊維状に伸びることが確認できた。引っ張る方法により伸び方は若干異なるが、2～4 m位までは簡単に伸ばすことができた。

【考察1】

このことから、乳酸を加熱したことによって生成した物質が、高分子化合物のポ

リ乳酸となっていることが確認できた。

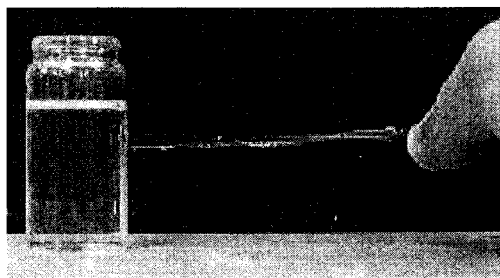


図5 繊維状に伸びたポリ乳酸

(2) 分解性

ポリ乳酸の分解性について以下のような実験を行った。

【実験2】

作成した板状のポリ乳酸を図6のように1cm×1cmに切断し、その小片を試験管に入れ、それぞれ純水、塩酸、硫酸、酢酸、水酸化ナトリウム水溶液、アンモニア水（いずれも濃度は6 mol/l）を加え、その分解性について観察した。（図7）

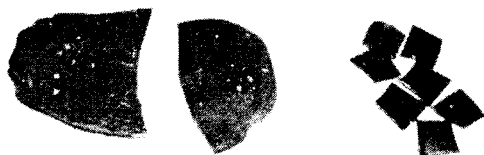


図6 1cm×1cmに切断した板状のポリ乳酸

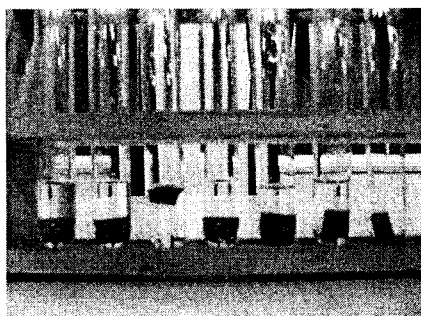


図7 各溶液を加えたポリ乳酸の小片
(左から純水、HCl、H₂SO₄、CH₃COOH、NaOH水溶液、NH₃水、小片のみ)

【結果2】

早くも1日目には目に見える結果が表れていた。（図8）塩酸、硫酸に対してはほとんど変化が見られなかったが、純水、酢酸に対してはやや溶けていた。また、水酸化ナトリウム水溶液に対しては完全に溶けていることが確認できた。そして、アンモニア水に対してはやや溶けているものの、白い膜状のものが小片を囲むようにできていることが確認できた。



図8 1日経過した様子

1週間後には、純水と酢酸に対する溶解がさらに進んでいることが確認できた。（図9）

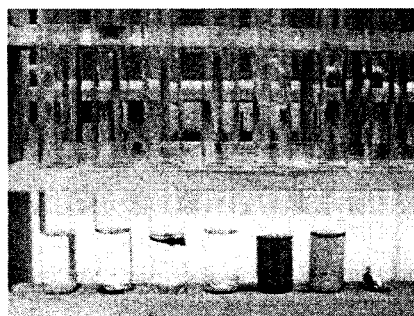


図9 1週間経過した様子

【考察2】

この実験により、純水や酢酸に対しては溶解し、無色透明の液体となったことから、ポリ乳酸は加水分解したのではないかと考えられる。しかし、水酸化ナトリウム水溶液に対しては、溶解後の液体が褐色になったことから、ポリ乳酸が単に加水分解だけではなくと考えられる。また、アンモニア水に対しては、水酸化ナトリウム水溶液と同様の現象が起こっ

たとえられるが、白色被膜が生成したこともあり、水酸化ナトリウム水溶液ほどは反応が進まなかったものと考えられる。

一方、硫酸に入れた小片は、最初の軟らかいポリ乳酸と比べかなり硬化していた。また、塩酸に対しては大きな変化は見られなかった。

【実験3】

作成した板状のポリ乳酸を図10のように土壤中に埋め、その変化の様子を確認した。

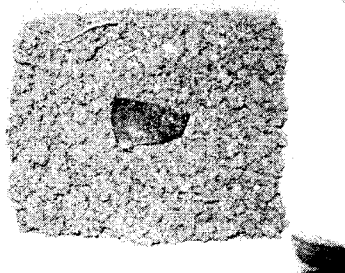


図10 土壤中に埋めた板状のポリ乳酸

【結果3】

図11に示したように、日数が経過するにともなって、空気中に放置してあるポリ乳酸と比較しても、かなり劣化している状態が確認できる。

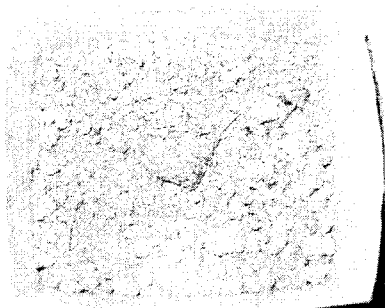


図11 1週間経過した様子

【考察3】

土壌に埋めておくことで、ポリ乳酸が劣化することが確認できたが、土中の水分によるものなのか、微生物の働きによるものなのかは確認ができなかった。

4 生徒への実践

今回の実験を本校生徒（3年普通科Ⅲ類型、化学選択者6名）に対して、授業で実践してみた。まず、ポリ乳酸の作成については、放課後を利用して準備をさせ、乾燥機にセットさせた。翌日、授業時に取り出し、曳糸性、分解性を調べる実験を行った。分解性については、化学実験室に放置しておき、その経過を観察させた。液体である乳酸から軟らかい樹脂状のポリ乳酸ができることや、様々な溶液に対して異なる変化や溶解性が見られることなどもあり、生徒の感想はおおむね良好であった。

5 まとめと今後の課題

今回の研究では、アルミカップを用いた簡単なポリ乳酸の合成方法を提唱することができた。また、そのポリ乳酸を利用して、曳糸性を確認することができた。そして、分解性の実験において、純水、酢酸、水酸化ナトリウム水溶液やアンモニア水に対しては分解し、硫酸に対しては硬化することが確認できた。

しかし、ポリ乳酸の合成方法の検討に時間がかかったため、分解性については十分な研究時間が確保できなかった。例えば、市販のポリ乳酸との比較、菌類・細菌類による分解性など様々な実験が考えられる。この点はこれからの環境問題を考えて行くに当たって、生徒の興味・関心を引くと考えられるので、今後とも研究を重ねていきたい。

6 参考文献

- 1) 松原静郎他「グリーンケミストリー教材の開発とそれを使っての意志決定能力育成に関する調査研究」中間報告書 グリーンケミストリーに関する学習教材、実験教材の開発 (2004)
- 2) 例えば、野村祐次郎他“高等学校 化学Ⅱ”数研出版, 167 (2003)
- 3) ト部吉庸「理系大学受験 化学Ⅰ・Ⅱの新研究」三省堂, 713 (2005)
- 4) 田中一彦, 村上泰, 化学と教育, 49, 510 (2001)